

PAT-NO: JP02000354179A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2000354179 A

TITLE: SIGNAL CONVERTING METHOD AND RECORDING MEDIUM
IN WHICH SIGNAL CONVERSION PROGRAM IS RECORDED

PUBN-DATE: December 19, 2000

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
KUNIBA, HIDEYASU	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
NIKON CORP	N/A

APPL-NO: JP11165457

APPL-DATE: June 11, 1999

INT-CL (IPC): H04N005/20, H04N001/407 , H04N001/41 , H04N005/243

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To properly make average noise amplitude of an image signal uniform according an image pickup condition of the image signal by preparing gradation conversion by every image pickup condition to be a fluctuation factor of dependence relation and deciding proper gradation conversion according to the image pickup condition of the image signal.

SOLUTION: The image signal of an imaging device 13 is amplified to a signal gain corresponding to setting of image pickup sensitivity via a variable gain amplifier 14, linearly quantized by an A/D converting part 16 and defined as a digital image signal equivalent to 12 bit of each color. On the

other hand,
image pickup sensitivity setting information is acquired from a noise
estimating part 18 and an image sensitivity setting part 15, a
conversion table
is selected from an internal storage area by the information, data
are
transmitted to a gradation conversion calculating part 17 and the
gradation of
a digital image signal outputted by the A/D converting part 16 is
converted by
using the data. Thus, since the proper gradation conversion for the
image
signal is selected according to setting of sensitivity in the case of
image
pickup, average noise amplitude of the image signal is exactly made
to be
uniform even when the setting of the image pickup sensitivity is
changed.

COPYRIGHT: (C) 2000, JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-354179

(P2000-354179A)

(43) 公開日 平成12年12月19日 (2000. 12. 19)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	5-7J-1 [*] (参考)
H 0 4 N	5/20	H 0 4 N	5 C 0 2 1
	1/407		Z 5 C 0 2 2
	1/41	5/243	5 C 0 7 7
	5/243	1/40	1 0 1 E 5 C 0 7 8
			9 A 0 0 1
審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 12 頁)			

(21) 出願番号 特願平11-165457

(22) 出願日 平成11年6月11日 (1999. 6. 11)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 国場 英康

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(74) 代理人 100072718

弁理士 古谷 史旺 (外1名)

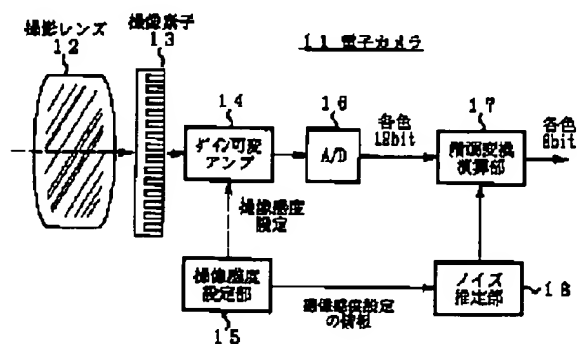
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 信号変換方法、および信号変換プログラムを記録した記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、平均ノイズ振幅を信号値に依らず均等化する信号変換方法に関し、平均ノイズ振幅をより適正に均等化することを目的とする。

【解決手段】 信号値と平均ノイズ振幅との依存関係の変動要因として画像信号の撮像条件を取得し、この撮像条件に適應する階調変換を実行する。その結果、撮像条件の変化に柔軟に対応して、平均ノイズ振幅を適正に均等化できる。なお、このような撮像条件としては、撮像感度設定、 γ カーブ設定、撮像部温度、電荷蓄積時間などが特に有効である。また、平均ノイズ振幅が量子化誤差幅よりも小さくなる画像領域については階調変換を停止することにより、画像信号の無用な波形劣化を回避する。さらに、階調変換の段階でユーザ調整を受け付けることにより、柔軟な画質調整を実現する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 撮像部で撮像される画像信号について信号値と平均ノイズ振幅との依存関係が既知であり、前記依存関係に基づいて平均ノイズ振幅が大きくなる信号値をレベル圧縮する階調変換を施すことにより、画像信号の平均ノイズ振幅を信号値に依らず均等化する信号変換方法において、

前記依存関係を変動させる要因となる撮像時の条件（撮像条件）が予め定められ、この撮像条件ごとに用意された前記階調変換を記憶する準備ステップと、

前記撮像部が前記画像信号を撮像した際の撮像条件を取得し、前記準備ステップで記憶した階調変換に基づいて、取得した撮像条件に対応する階調変換を求める適応ステップと、

前記適応ステップで求めた階調変換を用いて、前記撮像部で撮像した前記画像信号を階調変換する信号変換ステップとを有することを特徴とする信号変換方法。

【請求項2】 請求項1に記載の信号変換方法において、

前記撮像条件は、

前記撮像部における、撮像感度設定（画像信号のゲイン設定のこと）、 γ カーブ設定、撮像部の温度、信号電荷の蓄積時間の少なくとも一つであることを特徴とする信号変換方法。

【請求項3】 請求項1または請求項2に記載の信号変換方法において、

前記画像信号は、量子化される信号であり、

前記信号変換ステップでは、前記画像信号の平均ノイズ振幅が、量子化による量子化誤差の幅よりも小さくなる画像領域については、前記階調変換を実行しないことを特徴とする信号変換方法。

【請求項4】 請求項1ないし請求項3のいずれか1項に記載の信号変換方法において、

前記信号変換ステップは、外部からのユーザ調整を受け付け、前記ユーザ調整に応じて前記画像信号に施す前記階調変換のカーブを変更することを特徴とする信号変換方法。

【請求項5】 請求項1ないし請求項4のいずれか1項に記載の信号変換方法をコンピュータに実行させるための信号変換プログラムを記録した機械読み取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、画像信号の平均ノイズ振幅を信号値に依らず均等化する信号変換方法と、その方法を実行する信号変換プログラムを記録した記録媒体に関する。特に、本発明は、画像信号の撮像条件（画像信号を撮像した際の設定条件または撮影環境の条件）を有効に利用することにより、画像信号の平均ノイズ振幅を正確に均等化する技術に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、信号値と平均ノイズ振幅との依存関係に基づいて、画像信号を非線形にレベル圧縮し、信号値全般にわたって平均ノイズ振幅を均等化する信号変換技術が知られている。例えば、特開昭63-290028号公報には、次式のような階調変換を行う信号変換器が開示されている。

【数1】

$$y = c \int_b^x [1/n(\xi)] d\xi \quad \cdots \text{【式1】}$$

（ただし、 x は信号変換器に入力する信号の値、 y は信号変換器が出力する信号の値、 ξ は積分変数、 $n(\xi)$ は入力信号 ξ における平均ノイズ振幅、 b および c は別個に定める定数）この【式1】の階調変換によって、変換後の平均ノイズ振幅 n_y は、

$$n_y = (dy/dx) \cdot n(x) = c \quad \cdots \text{【式2】}$$

となる。この場合、変換後の平均ノイズ振幅 n_y は、出力信号 y に依らず、定数 c に均等化される。

【0003】このように信号値全般にわたって平均ノイズ振幅が均等化されることにより、例えば、下記のような信号処理上の利点を得ることが可能となる。

（A）変換後の信号 y を（例えば最小階調幅 c で）直線量子化することにより、信号値の大小に係わらず、ノイズを均等に除去することができる。

（B）このようなノイズ除去によって信号 y から無効な情報が削除される。そのため、信号 y の圧縮容量を小さくすることができる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】近年、電子カメラの発達により、多様な撮像条件を駆使して画像を撮像することが可能となった。例えば、電子カメラの撮像感度（画像信号のゲイン）を高感度側に設定することにより、暗い環境下においてもストロガを使用せずに明るい画像を撮像することが可能となっている。

【0005】このように撮像される画像信号は、撮像条件の設定内容によって、上述した依存関係が敏感に変化する。しかしながら、従来の信号変換方法（特開昭63-290028号公報）では、依存関係の変動要因として、被写体側の条件（エックス線フィルムと増感紙との組み合わせ条件）を考慮するのみで、増感紙を電子的に撮像する装置側の条件（すなわち撮像条件）については考慮されていなかった。そのため、特殊な撮像条件の元で撮像された画像信号については、一般的な信号変換方法が通用せず、平均ノイズ振幅を適正に均等化できないなどの不具合が生じていた。

【0006】利用することにより、画像信号の平均ノイズ振幅を適正に均等化する信号変換方法を提供することを目的とする。

☆請求項3に記載の発明では、信号変換に伴う画像信号

の劣化を極力防止する信号変換方法を提供することを目的とする。

☆請求項4に記載の発明では、請求項1の目的と併せて、ユーザによる画質調整を可能とした信号変換方法を提供することを目的とする。

☆請求項5に記載の発明では、請求項1～4のいずれか一項に記載の信号変換方法をコンピュータ上で実現するための信号変換プログラムを記録した記録媒体を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】以下、後述する各実施形態のステップ番号を対応付けながら、課題を解決するための手段を説明する。なお、ここでのステップ番号は参考に付与するものであり、本発明の内容を特に限定するものではない。

【0008】（請求項1）請求項1に記載の発明は、撮像部で撮像される画像信号について信号値と平均ノイズ振幅との依存関係が既知であり、依存関係に基づいて平均ノイズ振幅が大きくなる信号値をレベル圧縮する階調変換を施すことにより、画像信号の平均ノイズ振幅を信号値に依らず均等化する信号変換方法において、依存関係を変動させる要因となる撮像時の条件（撮像条件）が予め定められ、これらの撮像条件ごとに用意された階調変換を記憶する準備ステップ（S3、S23、S33、S43）と、撮像部が画像信号を撮像した際の撮像条件を取得し、準備ステップで記憶した階調変換に基づいて、取得した撮像条件に対応する階調変換を求める適応ステップ（S4～5、S11～12、S24～25、S34～35、S44～45、S53～54）と、適応ステップで求めた階調変換を用いて、撮像部で撮像した画像信号を階調変換する信号変換ステップ（S6、S16、S26、S36、S46、S57）とを有することを特徴とする。

【0009】上記のような信号変換方法では、準備ステップにおいて、依存関係の変動要因となり得る撮像条件について、予め階調変換を準備する。適応ステップでは、変換対象である画像信号について電子的な撮像条件を取得する。さらに、適応ステップでは、この撮像条件に対応する階調変換を、準備ステップで準備した階調変換の中から決定する。信号変換ステップでは、このように決定した階調変換を用いて、画像信号の平均ノイズ振幅を均等化する。したがって、撮像条件が変更されても柔軟に対応して、画像信号の平均ノイズ振幅を均等化することが可能となる。

【0010】（請求項2）請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の信号変換方法において、撮像条件は、撮像部における、撮像感度設定（画像信号のゲイン設定のこと）、γカーブ設定、撮像部の温度、信号電荷の蓄積時間の少なくとも一つであることを特徴とする。

【0011】（請求項3）請求項3に記載の発明は、請

求項1または請求項2に記載の信号変換方法において、画像信号は、量子化される信号であり、信号変換ステップでは、画像信号の平均ノイズ振幅が、量子化による量子化誤差の幅よりも小さくなる画像領域については、階調変換を実行しないことを特徴とする（S15～16）。

【0012】一般に、画像信号の平均ノイズ振幅が量子化誤差の幅よりも小さくなると、画像信号中のほとんどのノイズ成分は、量子化誤差によりマスクされる。したがって、このような画像領域については、平均ノイズ振幅の均等化による利点を積極的に得ることができない。逆に、非線形な階調変換を行うことによって、エッジ波形などの劣化などが目立ってしまう。

【0013】そこで、請求項3の信号変換方法は、画像信号の平均ノイズ振幅が量子化誤差の幅よりも小さくなる画像領域において、階調変換を実行しない。すなわち、画像信号の平均ノイズ振幅が量子化誤差の幅を越える画像領域のみ、階調変換を実行する。このような動作により、非線形の階調変換に伴う画像信号の劣化を回避することが可能となる。

【0014】（請求項4）請求項4に記載の発明は、請求項1ないし請求項3のいずれか1項に記載の信号変換方法において、信号変換ステップは、外部からのユーザ調整を受け付け、前記ユーザ調整に応じて画像信号に施す階調変換のカーブを変更することを特徴とする（S55～56）。

【0015】一般に、本発明の信号変換方法に前後して、画像信号を量子化（下位桁の切り捨ても含む）することにより、ノイズを簡易に除去することが可能となる。一般に、このようなノイズ除去では、ノイズ成分と一緒に、画像の微小振幅成分（いわゆる画像のディテール部）も除去されるため、画質の印象に及ぼす影響が大きい。したがって、ノイズ除去効果を、ユーザーの好みで調整できることが好ましい。このような観点から、請求項4の信号変換方法では、階調変換の段階でユーザー調整を受け付けるようにした。その結果、ノイズ除去の程度をユーザーが調整することが可能となり、ユーザーの望む画質調整が可能となる。

【0016】（請求項5）請求項5に記載の記録媒体には、請求項1ないし請求項4のいずれか1項に記載の信号変換方法をコンピュータに実行させるための信号変換プログラムが記録される。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、図面に基づいて本発明における実施の形態を説明する。

【0018】＜第1の実施形態＞第1の実施形態は、請求項1、2に記載の発明に対応した電子カメラ11の実施形態である。図1は、電子カメラ11の構成を示すブロック図である。図1において、電子カメラ11には、撮影レンズ12が装着される。この撮影レンズ12の像

空間には、撮像素子13が配置される。

【0019】この撮像素子13において生成される画像信号は、ゲイン可変アンプ14に入力される。このゲイン可変アンプ14の信号ゲイン（撮像感度）は、撮像感度設定部15によって制御される。なお、この撮像感度の設定値は、ユーザーの手動設定や被写体測光値などにより決定される。ゲイン可変アンプ14で増幅された画像信号は、A/D変換部16を介して、例えば各色12bitのデジタル画像信号に変換される。階調変換演算部17は、このA/D変換部16から出力されるデジタル画像信号を階調変換し、平均ノイズ振幅を均等化した状態で出力する。なお、階調変換演算部17は、この階調変換に際して、デジタル画像信号の下位桁を切り捨てることにより、例えばJPEG基本方式に通した各色8bitのデジタル画像信号を出力する。この階調変換演算部17における階調変換は、ノイズ推定部18によりコントロールされる。このノイズ推定部18には、撮像感度設定部15から撮像感度設定の情報が入力される。以下、本発明の特徴である、階調変換の動作について説明する。

【0020】（階調変換の前準備）図2は、階調変換の前準備の手順を示す流れ図である。このような前準備は、通常、電子カメラ11の開発者によって予め実施さ

$$N = (N_{\max}/S_{\max}) \cdot S \approx 24.42S \quad \dots [式3]$$

となる。

※に相当する平均ノイズ振幅Snoiseは、

【0023】このとき、ショットノイズの標準偏差 \sqrt{N} ※

$$\begin{aligned} S_{\text{noise}} &= (S_{\max}/N_{\max}) \sqrt{N} \\ &= [(S_{\max}/N_{\max}) \cdot S]^{1/2} \approx 0.2024\sqrt{S} \quad \dots [式4] \end{aligned}$$

となる。この[式4]が、ISO100相当の撮像感度設定における、信号値Sと平均ノイズ振幅Snoiseとの依存関係を表す関数式である。

$$\begin{aligned} S' &= S/S_{\text{noise}} \\ &= [(N_{\max}/S_{\max}) S]^{1/2} \approx 4.94\sqrt{S} \quad \dots [式5] \end{aligned}$$

が得られる。なお、[式5]において、Sは、階調変換前の信号値であり、[式1]中のxに該当する。また、S'は、階調変換後の信号値であり、[式1]中のyに該当する。

【0025】開発者は、A/D変換部16から出力される信号値 $S=1 \sim 4095$ のそれぞれについて[式5]の演算を実行して、信号値Sから信号値S'への変換テーブルを作成する。開発者は、[式5]から求めた

$$N = (N_{\max}/S_{\max}) \cdot S \approx 6.105S \quad \dots [式6]$$

となる。

◆に対応する平均ノイズ振幅Snoiseは、

【0027】このとき、ショットノイズの標準偏差 \sqrt{N} ◆

$$\begin{aligned} S_{\text{noise}} &= (S_{\max}/N_{\max}) \sqrt{N} \\ &= [(S_{\max}/N_{\max}) \cdot S]^{1/2} \approx 0.4047\sqrt{S} \quad \dots [式7] \end{aligned}$$

となる。この[式7]が、ISO400相当の撮像感度設定における、信号値Sと平均ノイズ振幅Snoiseとの依存関係を表す関数式である。

$$S' = S/S_{\text{noise}}$$

*れる。なお、電子カメラ11のユーザが、このような前準備を実行しても勿論かまわない。この図2を用いて、前準備の手順を概略説明する。なお、ここでは、説明の都合上、前準備の実行者を開発者と仮定する。

【0021】まず、開発者は、撮像感度設定ごとに、A/D変換部16の出力信号について、信号値と平均ノイズ振幅との依存関係を求める（ステップS1）。次に、開発者は、撮像感度設定ごとに、平均ノイズ振幅を均等化するための階調変換を求める（ステップS2）。開発者は、このように求めた階調変換を撮像感度設定に対応付けて、ノイズ推定部18の内部記憶領域に記録する（ステップS3）。

【0022】以下、このような前準備の手順を、具体的な数式をあげて説明する。なお、ここでは画像信号のノイズとして、ショットノイズが支配的である場合を想定する。撮像素子13において、光電変換による発生電子数をNとすると、ショットノイズの瞬時振幅（電子数）は、標準偏差 \sqrt{N} のガウス分布を示す。ここで、ISO100相当の撮像感度では、発生電子数 $N_{\max}=10^5$ が、ゲイン可変アンプ14およびA/D変換部16を介して、最大信号値 $S_{\max}=4095$ に変換される。このとき、信号値Sに変換される発生電子数Nは、

★【0024】この場合、[式1]と等価な階調変換の式として、

☆この変換テーブルを、ISO100用の変換テーブルとしてノイズ推定部18の内部記憶領域に記録する。

【0026】一方、ISO400相当の撮像感度設定では、発生電子数 $N_{\max}=2.5 \times 10^4$ が、ゲイン可変アンプ14およびA/D変換部16を介して、最大出力信号 $S_{\max}=4095$ に変換される。この場合、出力信号Sに変換される発生電子数Nは、

*【0028】この場合、[式1]と等価な変換式として、

$$= [(N_{\max}/S_{\max}) S]^{1/2} \approx 2.47\sqrt{S} \quad \cdots \text{[式8]}$$

が得られる。開発者は、A/D変換部16から出力される信号値 $S=1\sim 4095$ のそれぞれについて[式8]の演算を実行して、信号値 S から信号値 S' への変換テーブルを作成する。開発者は、[式8]から求めたこの変換テーブルを、ISO400用の変換テーブルとしてノイズ推定部18の内部記憶領域に記録する。以上のようにして、ISO100用の変換テーブル、およびISO400用の変換テーブルが、階調変換に先立って準備される。

【0029】(階調変換の説明)次に、画像信号を階調変換する手順について説明する。図3は、階調変換演算部17およびノイズ推定部18が実行する階調変換の手順を説明する流れ図である。まず、撮像素子13で撮像された画像信号は、ゲイン可変アンプ14を介して、撮像感度設定に対応した信号ゲインに増幅される。このように増幅された画像信号は、A/D変換部16を介して直線量子化され、各色12bit相当のデジタル画像信号に量子化される。

【0030】ここで、ノイズ推定部18は、撮像感度設定の情報(ISO100/ISO400のどちらか)を、撮像感度設定部15から取得する(ステップS4)。ノイズ推定部18は、取得した撮像感度設定の情報に基づいて、内部の記憶領域から変換テーブルを選択し、階調変換演算部17に変換テーブルのデータを伝達する(ステップS5)。階調変換演算部17は、このように与えられた変換テーブルを使用して、A/D変換部16から出力されるデジタル画像信号の階調変換を実行する(ステップS6)。以上の手順により、第1の実施形態における階調変換が実行される。

【0031】(第1の実施形態の効果)以上説明したように、第1の実施形態では、画像信号を撮像した際の撮像感度設定に適切して、適切な階調変換を選択する。したがって、撮像感度設定がたとえ変更されても、画像信号の平均ノイズ振幅を常に正確に均等化することができる。次に、別の実施形態について説明する。

【0032】<第2の実施形態>第2の実施形態は、請求項1～3に記載の発明に対応した電子カメラ21の実施形態である。図4は、電子カメラ21の構成を示すブロック図である。第2の実施形態における構成上の特徴点は、階調変換制御部23が新たに設けられている点である。この階調変換制御部23は、ノイズ推定部18からの情報と、A/D変換部16から出力される信号値とに基づいて、後述するように階調変換演算部17の動作を制御するものである。なお、その他の構成や前準備の動作は、第1の実施形態(図1、図2)と同一であり、ここでの説明を省略する。以下、本発明の特徴である、階調変換の動作について説明する。

【0033】(階調変換の説明)図5は、階調変換演算部17、ノイズ推定部18および階調変換制御部23が*

*実行する階調変換の手順を説明する流れ図である。まず、撮像素子13で撮像された画像信号は、ゲイン可変アンプ14を介して、撮像感度設定に対応した信号ゲインで増幅される。このように増幅された画像信号は、A/D変換部16を介して直線量子化され、各色12bit相当のデジタル画像信号に量子化される。

【0034】ここで、ノイズ推定部18は、撮像感度設定部15から撮像感度設定の情報(ISO100/ISO400のどちらか)を取得する(ステップS11)。ノイズ推定部18は、取得した撮像感度設定の情報に対応して、内部の記憶領域から変換テーブルを選択し、この変換テーブルのデータを階調変換演算部17に伝達する(ステップS12)。

【0035】一方、階調変換制御部23は、ノイズ推定部18が取得した撮像感度設定の情報に対応して、信号値と平均ノイズ振幅との依存関係式(上記の[式4]

[式7]のいずれか)を選択する(ステップS13)。次に、階調変換制御部23は、A/D変換部16から出力される信号値を観測し、その信号値における平均ノイズ振幅を依存関係式を使用して算出する(ステップS14)。

【0036】階調変換制御部23は、求めた平均ノイズ振幅が、A/D変換部16の量子化誤差幅よりも大きいかな否かを判定する(ステップS15)。平均ノイズ振幅が量子化誤差幅よりも大きい場合(ステップS15のYES側)、階調変換制御部23は、階調変換演算部17に対して階調変換を命じる(ステップS16)。

【0037】一方、平均ノイズ振幅が量子化誤差幅よりも小さい場合(ステップS15のNO側)、階調変換制御部23は、階調変換演算部17に対して階調変換を禁止する。階調変換制御部23および階調変換演算部17は、上記の動作(S14～S16)を、一画面分の処理が完了するまで繰り返す(ステップS17)。以上の手順により、第2の実施形態における階調変換が実行される。

【0038】(第2の実施形態の効果など)以上説明したように、第2の実施形態では、画像信号を撮像した際の撮像感度設定に適切して、適切な階調変換を選択する。したがって、撮像感度設定がたとえ変更されても、画像信号の平均ノイズ振幅を常に正確に均等化することができる。

【0039】さらに、第2の実施形態では、平均ノイズ振幅が量子化誤差幅よりも小さくなる画像領域について階調変換を禁止する。したがって、非線形な階調変換に副次的に伴う、画像信号の無用な劣化を回避することができる。なお、第2の実施形態では、階調変換制御部23を設けて階調変換を行うか否かの制御を行っているが、これに限定されるものではない。例えば、平均ノイズ振幅が量子化誤差幅よりも小さくなる信号値について

は、階調変換を行わないように変換テーブルの値を予め設定してもよい。

【0040】また、第2の実施形態では、階調変換を行ったか否かの情報を特に記録していないが、これを記録してもよい。例えば、階調変換制御部23が階調変換を行った画像領域か否かの情報を別途記録してもよい。また、階調変換演算部17が、階調変換を行わなかった場合に、画像信号の余剰ビットをフラグとしてたてるなどしてもよい。このようにして階調変換を行ったか否かの情報を記録することにより、後でこの情報を参照して画

像信号の階調を正確に元に戻すことが可能となる。次に、別の実施形態について説明する。

【0041】＜第3の実施形態＞第3の実施形態は、請求項1、2に記載の発明に対応した電子カメラ31の実施形態である。図6は、電子カメラ31の構成を示すブロック図である。第3の実施形態における構成上の特徴点は、次の2点である。

(1) A/D変換部16と階調変換演算部17との間

に、 γ 変換部32が設けられる。この γ 変換部32は、

画像信号に対して γ 変換を施すものである。

* (2) ノイズ推定部18は、 γ 変換部32から γ 変換カーブの情報を取得する。なお、その他の構成は、第1の実施形態(図1)と同一であるため、ここでの説明を省略する。以下、本発明の特徴である、階調変換の動作について説明する。

【0042】(階調変換の前準備) 図7は、階調変換の前準備の手順を示す流れ図である。この図7を用いて、前準備の手順を概略説明する。なお、ここでは、説明の都合上、前準備の実行者を電子カメラ31の開発者と仮定している。まず、開発者は、撮像感度設定と γ 変換カーブとをパラメータにして、信号値と平均ノイズ振幅との依存関係式を求める(ステップS21)。

【0043】次に、開発者は、この依存関係式に基づいて、平均ノイズ振幅を均等化するための階調変換式を求める(ステップS22)。開発者は、このように求めた階調変換の式を、ノイズ推定部18の内部記憶領域に記録する(ステップS23)。以下、この前準備の動作について、具体的な数式をあげて説明する。まず、下記のような一般的な γ 変換カーブを想定する。

* 20 【数2】

$$S_2 = (S/S_{\max})^{1/\gamma} \cdot S_{2\max} \quad \dots \text{【式9】}$$

なお、上式において、Sは γ 変換前の信号値であり、S₂は γ 変換後の信号値であり、S_{max}は信号値Sの最大値であり、S_{2max}は信号値S₂の最大値であり、 γ は γ 変換

※換カーブを決定するパラメータである。このような γ 変換カーブにより、 γ 変換部32の出力時点におけるショットノイズの平均ノイズ振幅S_{2noise}は、

$$S_{2\text{noise}} =$$

$$= [(S_{\max}/N_{\max}) \cdot S]^{1/2} \cdot (dS_2/dS) \quad \dots \text{【式10】}$$

となる。

★振幅S_{2noise}との依存関係を表す関数式である。この場合、【式1】と等価な階調変換の式として、

【0044】この【式10】が、撮像感度設定と γ 変換カーブをパラメータに持ち、かつ信号値S₂と平均ノイズ

$$S' = S_2/S_{2\text{noise}}$$

$$= [(N_{\max}/S_{\max}) S]^{1/2} / (dS_2/dS) \quad \dots \text{【式11】}$$

が得られる。

☆変換の式として

【0045】この【式11】を整理することにより、階調

【数3】

$$S' = \gamma \cdot N_{\max}^{1/2} \cdot (S_2/S_{2\max})^{7/8} \quad \dots \text{【式12】}$$

が得られる。この【式12】内において、発生電子数N_{max}は、最大信号値S_{max}=4095に変換される発生電子数に相当し、撮像感度設定によって変化する変数である。また、 γ は γ 変換カーブを決定するパラメータであり、 γ 変換カーブの設定によって変化する変数である。開発者は、この【式12】に相当する演算プログラムをノイズ推定部18内の内部記憶領域に記録する。以上のようにして、階調変換の前準備が完了する。

【0046】(階調変換の説明) 次に、画像信号を階調変換する手順について説明する。図8は、階調変換演算部17およびノイズ推定部18が実行する階調変換の手順を説明する流れ図である。まず、撮像素子13で撮像された画像信号は、ゲイン可変アンプ14を介して、撮像感度設定に対応した信号ゲインに増幅される。このよ

◆うに増幅された画像信号は、A/D変換部16を介して直線量子化される。

【0047】 γ 変換部32は、【式9】に相当する γ 変換用の変換テーブルを使用して、直線量子化された画像信号に γ 変換を施す。このような γ 変換の処理後、画像信号は、階調変換演算部17に入力される。この状態で、ノイズ推定部18は、撮像感度設定部15から撮像感度設定に関する情報(ここでは最大信号値S_{max}に変換される発生電子数N_{max}の値)を取得する。また、ノイズ推定部18は、 γ 変換部32から γ 変換カーブに関する情報(ここでは γ の値)を取得する(ステップS24)。

【0048】次に、ノイズ推定部18は、これらの情報に基づいて【式12】に相当する演算プログラムを実行

し、想定され得るすべての信号値 S_2 について、階調変換後の信号値 S' を算出する。ノイズ推定部18は、これらの算出結果を、信号値 S_2 から信号値 S' への変換テーブルとして、階調変換演算部17に伝達する(ステップS25)。階調変換演算部17は、このように与えられた変換テーブルを使用して、 γ 変換部32から出力される信号値 S_2 の階調変換を実行する(ステップS26)。以上の手順により、第3の実施形態における階調変換が実行される。

【0049】(第3の実施形態の効果)以上説明したように、第3の実施形態では、画像信号を撮像した際の撮像感度の設定と γ 変換カーブの設定とに応じて、適切な階調変換を常に選択する。したがって、撮像感度設定または γ 変換カーブがたとえ変更されても、画像信号の平均ノイズ振幅を常に正確に均等化することが可能となる。次に、別の実施形態について説明する。

【0050】<第4の実施形態>第4の実施形態は、請求項1、2に記載の発明に対応した電子カメラ41の実施形態である。図9は、電子カメラ41の構成を示すブロック図である。第4の実施形態における構成上の特徴点は、次の2点である。

(1) 撮像素子13の半導体基板上には、T比例回路42が設けられる。このT比例回路42は、ダイオードの温度-順方向電圧特性、または温度-OB電荷量特性を利用して、撮像素子13の温度計測を行う回路である。

(2) ノイズ推定部18は、T比例回路42から撮像素子13の温度情報を取得する。なお、その他の構成は、第1の実施形態(図1)と同一であるため、ここでの説明を省略する。以下、本発明の特徴である、階調変換の動作について説明する。

【0051】(階調変換の前準備)図10は、階調変換の前準備の手順を示す流れ図である。この図9を用いて、前準備の手順を概略説明する。なお、ここでは、説明の都合上、前準備の実行者を電子カメラ41の開発者と仮定している。まず、開発者は、撮像素子13を恒温槽に入れて様々な温度状態に設定し、T比例回路42から出力される温度情報と、その状態における信号値と平均ノイズ振幅との依存関係を実測する(ステップS31)。

【0052】次に、開発者は、これらの依存関係に基づいて、平均ノイズ振幅を均等化するための階調変換を求める(ステップS32)。開発者は、このように求めた階調変換を温度情報に対応付けて、ノイズ推定部18の内部記憶領域に記録する(ステップS33)。以上のようにして、階調変換の前準備が完了する。

【0053】(階調変換の説明)次に、画像信号を階調変換する手順について説明する。図11は、階調変換演算部17およびノイズ推定部18が実行する階調変換の手順を説明する流れ図である。まず、ノイズ推定部18は、T比例回路42から温度情報を取得する(ステップ

S34)。

【0054】次に、ノイズ推定部18は、この温度情報に基づいて、予め記録されていた階調変換を選択する。ノイズ推定部18はこのように決定した階調変換を、階調変換演算部17に伝達する(ステップS35)。階調変換演算部17は、このように与えられた階調変換に従って、画像信号に階調変換を施す(ステップS36)。以上の手順により、第4の実施形態における階調変換が実行される。

【0055】(第4の実施形態の効果)以上説明したように、第4の実施形態では、撮像素子13の温度に応じて、適切な階調変換を常に選択する。したがって、撮像素子13の温度変化により暗電流ノイズの量が大きく変動しても、画像信号の平均ノイズ振幅を常に正確に均等化することが可能となる。次に、別の実施形態について説明する。

【0056】<第5の実施形態>第5の実施形態は、請求項1、2に記載の発明に対応した電子カメラ51の実施形態である。図12は、電子カメラ51の構成を示すブロック図である。第5の実施形態における構成上の特徴点は、次の2点である。

(1) 撮像素子13の電荷蓄積時間を設定する蓄積時間設定部52が設けられる。

(2) ノイズ推定部18は、蓄積時間設定部52から電荷蓄積時間の情報を取得する。なお、その他の構成は、第1の実施形態(図1)と同一であるため、ここでの説明を省略する。以下、本発明の特徴である、階調変換の動作について説明する。

【0057】(階調変換の前準備)図13は、階調変換の前準備の手順を示す流れ図である。この図13を用いて、前準備の手順を概略説明する。なお、ここでは、説明の都合上、前準備の実行者を電子カメラ51の開発者と仮定している。まず、開発者は、撮像素子13の電荷蓄積時間を様々に設定し、その状態における信号値と平均ノイズ振幅との依存関係を実測する(ステップS41)。

【0058】次に、開発者は、これらの依存関係に基づいて、平均ノイズ振幅を均等化するための階調変換を求める(ステップS42)。開発者は、このように求めた階調変換を電荷蓄積時間に対応付けて、ノイズ推定部18の内部記憶領域に記録する(ステップS43)。以上のようにして、階調変換の前準備が完了する。

【0059】(階調変換の説明)次に、画像信号を階調変換する手順について説明する。図14は、階調変換演算部17およびノイズ推定部18が実行する階調変換の手順を説明する流れ図である。まず、ノイズ推定部18は、蓄積時間設定部52から電荷蓄積時間の情報を取得する(ステップS44)。

【0060】次に、ノイズ推定部18は、この電荷蓄積時間の情報に基づいて、予め記録されていた階調変換を

選択する。ノイズ推定部18はこのように決定した階調変換を、階調変換演算部17に伝達する(ステップS45)。階調変換演算部17は、このように与えられた階調変換に従って、画像信号に階調変換を施す(ステップS46)。以上の手順により、第5の実施形態における階調変換が実行される。

【0061】(第5の実施形態の効果)以上説明したように、第5の実施形態では、撮像素子13の電荷蓄積時間に応じて、適切な階調変換を常に選択する。したがって、電荷蓄積時間の変化により暗電流ノイズの量が大きく変動しても、画像信号の平均ノイズ振幅を常に正確に均等化することが可能となる。次に、別の実施形態について説明する。

【0062】<第6の実施形態>第6の実施形態は、請求項1, 2, 4に記載の発明に対応した電子カメラ61の実施形態である。図15は、電子カメラ61の構成を示すブロック図である。第6の実施形態における構成上の特徴点は、次の2点である。

(1) ユーザ調整による画質モード設定を受け付ける画質モード設定部62を有する。

(2) ノイズ推定部18は、画質モード設定部62からユーザによる画質モード設定の情報を取得する。なお、その他の構成や前準備の動作は、第1の実施形態(図1, 図2)と同一であるため、ここでの説明を省略する。以下、本発明の特徴である、階調変換の動作について説明する。

【0063】(階調変換の説明)図16は、階調変換演算部17およびノイズ推定部18が実行する階調変換の手順を説明する流れ図である。まず、ノイズ推定部18は、撮像感度設定部15から撮像感度設定の情報を取得する(ステップS53)。

【0064】ノイズ推定部18は、取得された撮像感度設定の情報に対応して、内部の記憶領域から変換テーブルを選択する(ステップS54)。次に、ノイズ推定部18は、ユーザ調整による画質モード設定(Fine, Normal, Basicなど)の情報を取得する(ステップS55)。ノイズ推定部18は、この画質モード設定に応じて変換テーブルの数値を増減し、量子化幅を変更する(ステップS56)。階調変換演算部17は、変更された変換テーブルを使用して、A/D変換部16から出力されるデジタル画像信号の階調変換を実行する(ステップS57)。以上の手順により、第6の実施形態における階調変換が実行される。

【0065】(第6の実施形態の効果)以上説明したように、第6の実施形態では、ユーザ調整により変換テーブルの数値(階調変換のカーブ)が変更され、量子化幅が変化する。一般に、ガウス分布するノイズでは、標準偏差+ σ 〜 $-\sigma$ の幅内に、ノイズ振幅の68.3%が収まる。また、+2 σ 〜-2 σ の範囲には、ノイズ振幅の95.5%が収まる。したがって、ユーザ調整に応じ

て量子化幅を例えば2 σ にすることにより、より、ノイズを大量に除去して、画像圧縮率を一段と高めることが可能となる。一方、ユーザ調整に応じて量子化幅を例えば $\sigma/2$ にすることにより、ノイズをさほど除去せずに、撮像時の画像信号に忠実な画像を得ることが可能となる。

【0066】<実施形態の補足事項>なお、上述した実施形態では、電子カメラに本発明を適用する場合について説明したが、これに限定されるものではない。例えば、請求項5に記載するように、信号変換方法(図3、図5、図8、図11、図14または図16)の動作手順を、信号変換プログラムとして記録媒体に記録してもよい。この場合、コンピュータ上において、本発明の信号変換方法を実行することが可能となる。また、上述した実施形態では、デジタル画像信号を階調変換しているが、これに限定されるものではない。アナログ画像信号を階調変換しても勿論よい。

【0067】

【発明の効果】請求項1に記載の発明では、依存関係の変動要因となり得る撮像条件ごとに階調変換を準備し、画像信号の撮像条件に応じて、適正な階調変換を決定する。したがって、画像信号の撮像条件に柔軟に対応して、画像信号の平均ノイズ振幅を適正に均等化することが可能となる。

【0068】特に、本発明における撮像条件の情報は、撮像装置などから確実に容易に取得することが可能であり、情報収集の自動化が可能である。一方、従来例で説明した被写体側の情報(増感紙の種類など)は、ユーザが意識的に入力する必要があり、情報収集の自動化が困難である。したがって、本発明は、従来例に比べて、階調変換の適応ステップを容易に自動化できるという長所を有する。

【0069】請求項2に記載の発明では、下記の撮像条件により階調変換をコントロールする。

◎撮像感度設定(画像信号のゲイン設定)・・・撮像感度設定が変更されると信号値が変化する。そのため、撮像段階や信号処理段階などの各段階で発生するノイズの程度が複雑に変化し、信号値と平均ノイズ振幅との依存関係が敏感かつ複雑に変化する。そのため、撮像感度設定の情報を利用して階調変換を適応化することにより、平均ノイズ振幅の均等化を一段と正確かつ確実に実行することが可能となる。

◎ γ カーブ設定・・・ γ カーブ設定が変更されると信号値が非線形に変化する。そのため、信号値と平均ノイズ振幅との依存関係が鋭敏かつ複雑に変化する。そのため、 γ カーブ設定の情報を利用して階調変換を適応化することにより、平均ノイズ振幅の均等化を一段と正確かつ確実に実行することが可能となる。

◎撮像部の温度・・・撮像部の温度が変化すると、暗電流ノイズの量が変化する。そのため、信号値と平均ノイズ

振幅との依存関係が鋭敏に変化する。そのため、撮像部の温度情報を利用して階調変換を適応化することにより、平均ノイズ振幅の均等化を一段と正確かつ確実に実行することが可能となる。

◎電荷蓄積時間・電荷蓄積時間を変更すると、暗電流ノイズの蓄積量が変化する。そのため、信号値と平均ノイズ振幅との依存関係が鋭敏に変化する。そのため、電荷蓄積時間の情報を利用して階調変換を適応化することにより、平均ノイズ振幅の均等化を一段と正確かつ確実に実行することが可能となる。したがって、上記撮像条件の内少なくとも一つの情報を使用して階調変換を適応化することにより、平均ノイズ振幅の均等化を正確かつ確実に実行することが可能となる。

【0070】請求項3に記載の発明では、画像信号の平均ノイズ振幅が量子化誤差の幅よりも小さくなる画像領域において、階調変換を実行しない。したがって、このよう画像領域において、非線形な階調変換に伴う画像信号の劣化を回避することが可能となる。

【0071】請求項4に記載の発明では、階調変換の段階でユーザー調整を受け付けるようにしたので、ユーザーによる柔軟な画質調整が可能となる。

【0072】請求項5に記載の記録媒体には、信号変換プログラムが記録される。この信号変換プログラムをコンピュータで実行することにより、請求項1～4のいずれか1項に記載の信号変換方法をコンピュータ上で実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】電子カメラ11の構成を示すブロック図である。

【図2】階調変換の前準備の手順を示した流れ図である。

【図3】階調変換の手順を説明する流れ図である。

【図4】電子カメラ21の構成を示すブロック図である。

【図5】階調変換の手順を説明する流れ図である。

【図6】電子カメラ31の構成を示すブロック図である。

【図7】階調変換の前準備の手順を示した流れ図である。

【図8】階調変換の手順を説明する流れ図である。

【図9】電子カメラ41の構成を示すブロック図である。

【図10】階調変換の前準備の手順を示した流れ図である。

【図11】階調変換の手順を説明する流れ図である。

【図12】電子カメラ51の構成を示すブロック図である。

【図13】階調変換の前準備の手順を示した流れ図である。

【図14】階調変換の手順を説明する流れ図である。

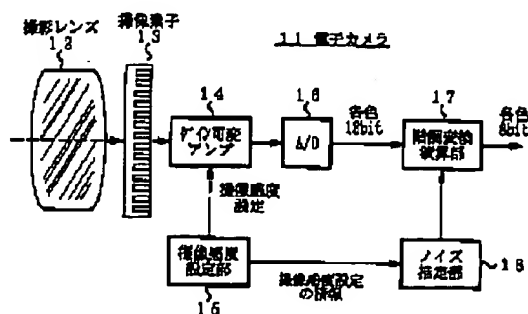
【図15】電子カメラ61の構成を示すブロック図である。

【図16】階調変換の手順を説明する流れ図である。

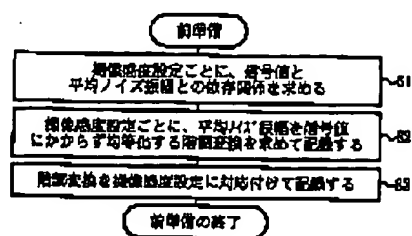
【符号の説明】

- 11 電子カメラ
- 13 撮像素子
- 14 ゲイン可変アンプ
- 15 撮像感度設定部
- 16 A/D変換部
- 17 階調変換演算部
- 18 ノイズ推定部
- 23 階調変換制御部
- 32 γ変換部
- 33 ノイズ量情報交換部
- 42 T比例回路
- 52 蓄積時間設定部
- 62 画質モード設定部

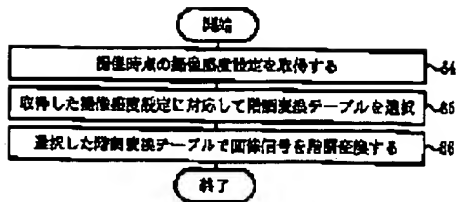
【図1】



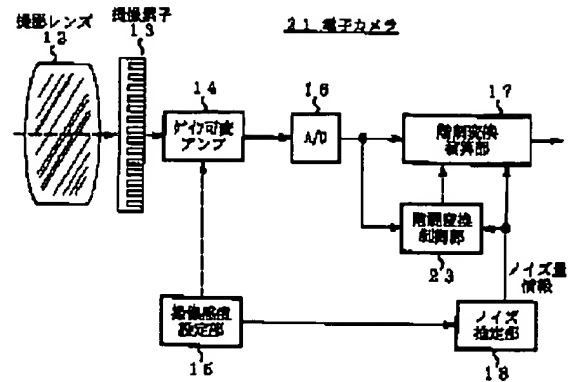
【図2】



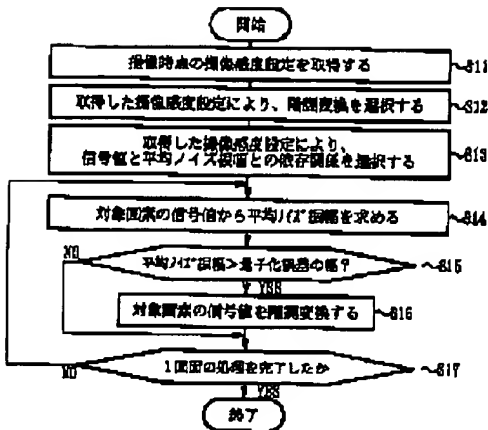
【図3】



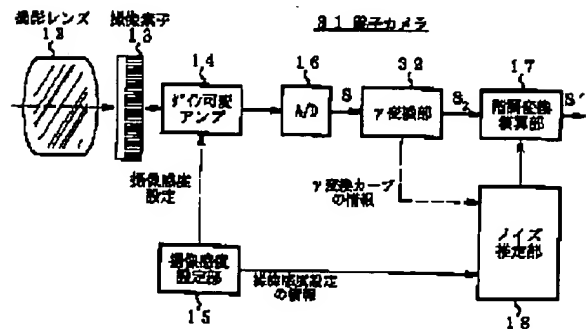
【図4】



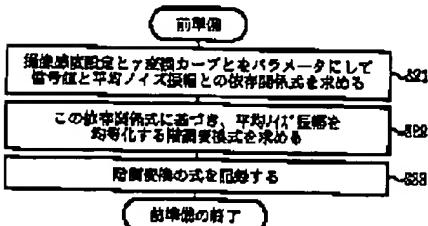
【図5】



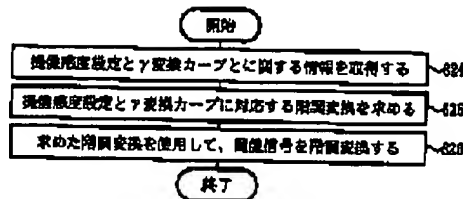
【図6】



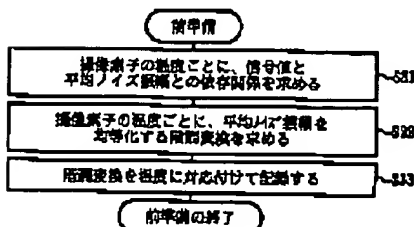
【図7】



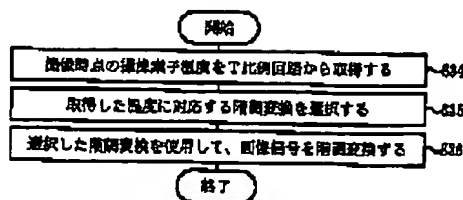
【図8】



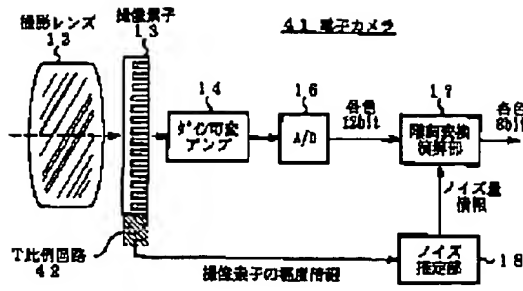
【図10】



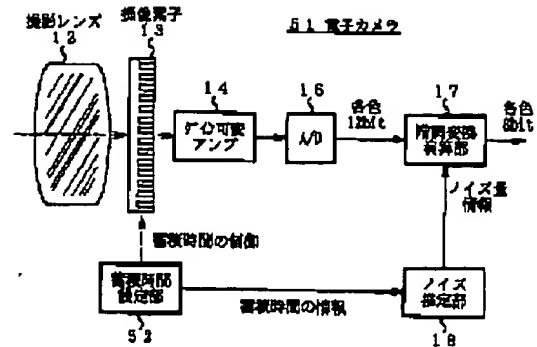
【図11】



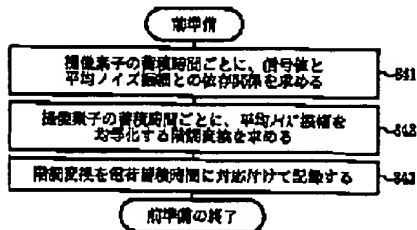
【図9】



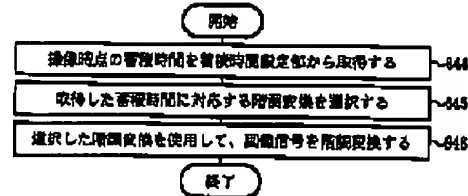
【図12】



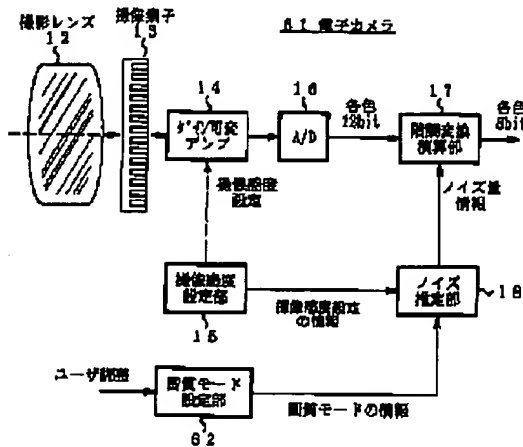
【図13】



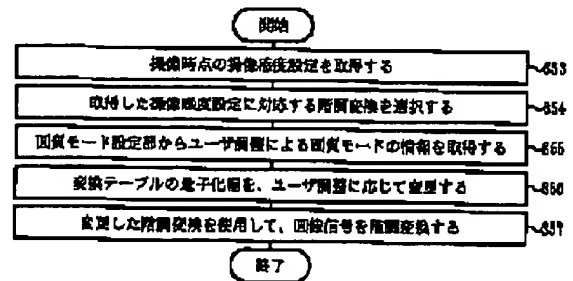
【図14】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5C021 PA17 PA76 PA80 RC01 RC06
XA13 XA34 XA35 YA01
5C022 AA13 AB20 AB38 AC41
5C077 LL02 PP10 PP11 PP15 PP77
PQ03 PQ08 PQ22 PQ23 RR06
TT09
5C078 AA09 CA21 DB05
9A001 EE02 EE04 EE05 GG01 HH23
KK16